

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 6月12日現在

機関番号：82111

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2009～2011

課題番号：21300274

研究課題名（和文）高齢者向け食品開発への応用を目指した食品の力学特性と咀嚼プロセスの体系的関係解明

研究課題名（英文）Systematic analysis of mechanical properties and mastication process for development of foods for the elderly

研究代表者

神山 かおる (KOHYAMA KAORU)

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構・食品総合研究所食品機能研究領域・上席研究員

研究者番号：00353938

研究成果の概要（和文）：高齢者向け食品で多く用いられる軟らかいゲルからゾル状の食品を中心として、力学測定値とヒトの咀嚼計測値、官能評価値との対応関係を体系的に解析した。広範囲な物性を示すチーズを例として多くの変数の関係解明、蕎麦等に見られるすする食べ方と噛む食べ方との比較、嚥下時の食物の流速に対応する力学機器測定法、平成21年度から採用された「えん下困難者用食品」の基準の問題点提起等を行った。

研究成果の概要（英文）：Texture control of foods is important in the development of nutritional products for the elderly. This study analyzed relationships among mechanical properties of foods, textural attributes, and mastication parameters that may change during oral processing. Four topics are studied; (1) physical, physiological and psychophysical analyses of cheese texture, (2) comparison of slurping and chewing of buckwheat noodles, (3) swallowing behavior for various foods, and (4) problems in the standards of foods for patients with swallowing difficulties (started in 2009).

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	4,600,000	1,380,000	5,980,000
2010年度	4,600,000	1,380,000	5,980,000
2011年度	4,600,000	1,380,000	5,980,000
年度			
年度			
総計	13,800,000	4,140,000	17,940,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：生活科学・食生活学

キーワード：テクスチャー、レオロジー、咀嚼、嚥下、介護食品、ゲル、ゾル

## 1. 研究開始当初の背景

近年、高齢者数、またその全人口に対する割合である高齢化率ともに急激に増加し、歯の喪失や咀嚼に必要な筋力の低下等により、咀嚼・嚥下機能の問題から食べられる食品に物性的な制約がある者が著しく増加している。そのため、咀嚼・嚥下困難者にも食べやすい食品の開発は社会的なニーズであり、食品の力学特性やテクスチャーとヒトの咀嚼

プロセスの体系的な解明は緊急に解決されるべき問題である。平成21年4月から、新しい「えん下困難者用食品」の基準が策定され、2バイトのテクスチャー測定法で得られた、「硬さ」「付着性」「凝集性」の数値基準が提示された。以降、本基準測定法による数値という意味で「硬さ」「付着性」「凝集性」と「」つきで表記する。

## 2. 研究の目的

食品の力学機器測定では、ヒトの咀嚼条件を正確に再現することが難しく、食品の大きさや量にも影響される食べやすさ、飲み込みやすさ等の咀嚼性は評価できない。また、食べる前の力学特性は測定できても、咀嚼中に変化していくテクスチャーの評価は困難なため、ヒトの咀嚼プロセスの測定は、食品テクスチャーの解明には必須技術である。

平成 21 年度に採用された「えん下困難者用食品」の評価方法は、基本的には古くから行われてきた 2 バイトテクスチャー測定法で、「硬さ」「付着性」「凝集性」を得るものである。10 mm/s という速度条件は文献にほとんど見られないほど速い。2 バイト法では試験機が連続的に上下運動するために、とくに運動方向が変わる際の速度が測定値に及ぼす影響が懸念された。そこで本法の適用性を、食品の力学特性を測定するために市販されている異なる装置を用いて調べた。

咀嚼中に口腔内で変化していくテクスチャーに考慮しながら、ヒトの咀嚼・嚥下計測パラメータを可能な限り抽出し、機器測定値との対応関係を見いだすことを目的とした。とくに、テクスチャー制御が重要とされている、高齢者向け食品に多く見られる物理的形態であるゲルや濃厚ゾルの範囲に注目する。研究終了時には、ゲルまたはゾル状食品の咀嚼プロセスに影響するパラメータを汎用的な機器測定法により示し、高齢者向け食品開発に資する。

## 3. 研究の方法

(1) チーズのテクスチャーにおける力学特性、官能特性値とヒトの咀嚼特性との関係

高齢者に必要な栄養素、特にたんぱく質やカルシウムが豊富で、高エネルギー食品であるチーズについて、テクスチャーに特徴のある市販品および試作したプロセスチーズのモデルを用いて検討した。試料のテクスチャーを 2 バイトテクスチャー測定法、テクスチャー官能評価、及びヒト咀嚼測定から、咀嚼しにくさ、嚥下しにくさに関わるパラメータを得て、それらの相関関係を解析した。ヒト計測実験は、食品総合研究所の人間を対象とする生物医学的研究に関する倫理委員会の承認を経て行った。健常被験者が、一口大 5 g のチーズを自由に摂食する際に、閉口筋である咬筋、開口及び舌運動を反映する舌骨上筋群の筋電位を、表面電極を用いて測定した。

(2) 蕎麦の食べ方の比較

日本人や東アジアでは、麺類をすすって食べることが多い。本来、噛んで食べられるような固形状の食品と液体が一度に口に勢いよく入り、咀嚼をあまりしないで嚥下されるため、誤嚥を起こしやすいと考えられる。す

すり食べは世界の他の地域では、あまり見られないため、研究報告も全くない。そこで、蕎麦をすする食べ方と歯で噛む食べ方の比較を行うことにした。

市販の乾麺および半生麺を、製品に表示された時間 (5.0 分と 3.5 分) 沸騰水で茹でたものを試料とした。一口量毎に茹でた蕎麦は、水道水で冷やし、常温に冷えた後直ちに、あるいは 10 分間常温に保持した後に、実験に供した。

試料の力学特性は、先端を 1 mm 幅に削った楔型プランジャーで麺を毎秒 0.5 mm の等速で押し求めた。筋電位は①と同様に、左右の咬筋、舌骨上筋群から測定した。15 g の蕎麦と 10 ml の麺つゆが入ったどんぶり箸を渡し、噛む・すする、という食べ方を指示して蕎麦の全量を摂食させた。機器測定あるいは食べ始めまでの時間誤差は、30 s 以内であった。

乾麺と半生麺、茹でたてと 10 分放置後、すする／噛むという食べ方の違いについて、結果を解析した。

(3) 嚥下時の食物動態に及ぼす力学特性の解明

(1) と同様に健常被験者により、医療用超音波画像解析装置を使用して、異なる力学特性を示す食物を嚥下する際の舌の動きを B モード及び M モードで観察した。また、咽頭部での食物の流速を、パルスドップラー法により測定した。得られたパラメータと力学機器測定値との関係を解析した。食物は、水、ゾル、軟らかいゲル、噛んで食べられるゲル、誤嚥を起こしにくいと知られるヨーグルトを、一口量として 6 g 用いた。

(4) 「えん下困難者用食品」の基準測定法における問題点の提起

「えん下困難者用食品」の基準にしたがい、直径 40 mm、深さ 15 mm の容器に入れた試料を、20 度で測定した。ただしプランジャーは、直径 20 mm の樹脂製で、試料がプランジャー上部に載ることを防ぐため、基準で用いられる厚さ 8mm ではなく、高さ 25 mm の円柱状に統一した。試料表面上方 5 mm から運動を開始し、クリアランス 5 mm まで等速圧縮、直ちに試料上方 5 mm まで引き上げる動作を 2 回繰り返して、「硬さ」「付着性」「凝集性」を求めた。10 mm/s の等速測定、2 バイトのテクスチャー測定が可能と唱われている市販力学測定装置 4 種を用いて、測定値を比較した。比較のため、「えん下困難者用食品」に指定されている 10 mm/s とともに、文献で多く報告例のある 1 mm/s でも測定した。食品試料は、水、異なる力学特性を示すゾルまたはゲルとした。

#### 4. 研究成果

(1) チーズのテクスチャーにおける力学特性、官能特性値とヒトの咀嚼特性との関係

機器測定および官能評価で、かたさ値が高いチーズ試料は、咀嚼時間と閉口筋の筋電位振幅が大きかった。かたさ値が同程度の場合、付着性が高い試料の方が、咀嚼に必要な筋活動量が高値になった。また、口腔内に付着しやすいチーズは、咀嚼後半の舌骨上筋群の活動量が大きく、律動的な閉口筋活動が消失してから最終嚥下が起きるまでの時間も長かったことから、食塊形成が困難であることが示唆された。

また、かたいチーズを一口大の塊状と細かく刻んだもので比較したところ、刻むと、咀嚼時間が有意に短く、咀嚼回数が有意に少なくなり、食べやすくなることが示唆された。この変化は、咀嚼初期の閉口筋活動時間と筋活動量が小さくなることに由来し、咀嚼中期、後期においては、形状による筋活動の差異は認められなかった。嚥下時には、初期のチーズの力学特性が失われており、通常の機器測定での分析は難しいと思われるが、簡易な閉口筋の筋電位だけでも、咀嚼後半における食塊形成の困難さに関わる指標を取得できる可能性がある。

このように筋電位測定から、機器測定では評価できない咀嚼中に变化する、離水・唾液の吸収、粉碎度、唾液への成分の溶解、あるいは体温による融解等を総合的に反映した指標が得られたと考えられる。

(2) 蕎麦の食べ方の比較

茹でた蕎麦は乾麺よりも半生麺の方が太く、長く、軟らかいが破断しにくい性質があった。10分放置すると茹で直後と比較して、いずれの麺でも軟らかく破断しやすくなった。

機器測定で力学特性の違いが明らかに認められた2種の蕎麦の咀嚼挙動は、同一被験者内では有意差がなかった。10分放置した麺では、茹でたてよりも有意に咬筋の活動量が低くなり、麺が軟らかくなったことを反映していると考えられた。この咀嚼性の差を示した機器測定条件は、試料の初期厚さに対して、80から90%まで圧縮した時に得られる荷重値であった。

噛む時とすする時を比較すると、多くの筋電位パラメータに有意な差が認められた。まず、すする場合には、咀嚼時間や咬筋の活動回数が極めて高値となり、噛む場合の一口量を全部消費するまでの時間が長くなることを示した。すする場合には、咬筋の一回咀嚼当たりの活動時間や振幅、したがって筋活動の時間積分値である筋活動量も小さくなった。一方、咀嚼周期が長く、その標準偏差値が大きくなり、すする場合には噛む場合より

も1回の動作に時間がかかり、律動的な運動ではないことを示唆した。

舌骨上筋群のパラメータには、閉口筋活動と連動している咀嚼時間やバースト状の筋活動の現れる回数以外では有意差が認められなかった。

(3) 嚥下時の食物動態に及ぼす力学特性の解明

医療用超音波画像診断装置を使用して、ゲル状食品や液体食品を嚥下中の、ヒトの咽頭部における食物の流速を計測した。平均流速は試料によりあまり変わらないが、最大流速は水で最大の0.6 m/s程度であり、ゲルでは「硬さ」値が1 kPaを超えると低下し、ヨーグルトの最大流速値0.2 m/sに近くなった。ゲル構造が形成される濃度以上では、誤嚥も起こりにくいと考えられる。ゾル状試料では、粘性が上がる程最大流速値は減少したが、いずれもヨーグルトの最大流速値より高かった。

これらの食品では、ずり流動化を示すため、ヒトの嚥下におけるずり速度条件での粘度測定が行われれば、機器測定値とヒトの感じるテクスチャーが合致すると予想される。最もヒト嚥下時の咽頭部における食物流速と相関が高かったずり速度条件は、数十  $s^{-1}$  であった。これは、旧厚生労働省のそしゃく・えん下困難者用の基準で用いられていたB型粘度計を用いた測定条件2~3  $s^{-1}$  よりも一桁高い値であった。

嚥下開始時における舌中央部の上下運動をMモードで観察したところ、舌の上昇の平均速度が水から噛んで食べられる硬いゲルまで食品物性によらず約40 mm/sであった。それに続く舌の下降の平均速度は、いずれの食品でも上昇平均速度よりも速かったが、食品間の比較をすると、ゾルで速かった。

(4) 「えん下困難者用食品」の基準測定法における問題点の提起

ヒト計測から、歯や舌の平均運動速度は約40 mm/sと判明した。この速度による往復運動は市販の引張圧縮試験機では正確に設定できなかった。疲労試験機のような、高速往復運動を行える装置であれば、可能であることも実証した。食品分野で一般的に導入されている装置ではなく、高価であるため、汎用性という点において、基準測定法には向かないと考えられた。

「凝集性」については、固体と容器に入れないと流れてしまうような液体では意味が異なる。固体では破壊された後の試料が、凝集し、まとまっていると高値を示す。一方、液体の「凝集性」は、水や低粘度液体で最大で、1に近い値を示すことから、凝集しやすさよりは流動性を示すものと考えられた。

力学センサが移動するタイプの装置では、10 mm/s で運動の向きが変わる度にノイズを検出し、「えん下困難者用食品」の基準を満たすようなやわらかい試料の場合、測定値に及ぼす影響は大きかった。駆動部の慣性由来のため、完全に除去することは困難である。また、等速に達するまでに加速時間がかかる装置、停止する位置が指定値よりも著しく進んでしまう装置、指定位置の近くで減速する装置等、それぞれの装置で特徴は異なるが、理想的な運動を行える機種は少ないことがわかった。これらの問題は1 mm/s であれば、ほとんど無視できる程度に小さいということも実証した。

「えん下困難者用食品」の基準は、ヒトの咀嚼速度を考慮して10 mm/s が採用されたものと思われるが、用いる機器によって数値が変わる方法で基準値を出すことは問題があると考えられた。10 mm/s であっても、明らかにヒトの咀嚼運動速度よりは遅く、力学特性値に速度依存性がある以上、ヒトの口腔内に生じる応力の絶対値を得ることは不可能である。

寒天のようにかたいが脆く破断しやすいゲル、こんにゃく入りゼリーのような柔軟で「えん下困難者用食品」の測定条件では破断しないゲル、濃厚なゾルとも、プランジャーの運動速度が大きくなると「硬さ」値が増加した。破断される寒天ゲルでは、破断されない試料より「凝集性」値が小さくなった。しかしながら、ヒトの歯による咀嚼、舌による軟らかい食品の押し潰しのいずれにおいても、食品が破壊されるか否かにかかわらず、クリアランス 5 mm というような段階ではなく、0 mm に近いところまで、変形が続けられる。こんにゃく入りゼリー等では、クリアランスを 0 mm にしても明らかな破断は認められなかったが、多くの高齢者向け食品では、クリアランス 5 mm では破壊されていないにもかかわらず、0 mm に至る以前に破壊される。しかも、クリアランス 5 mm の時と、0 mm に近づけた条件では、荷重値の絶対値のみならず、相対的な順位も変わることも多かった。本条件での「凝集性」に食べやすさを示す意味があるのかは疑問である。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 12 件)

- ① 野内義之、安食雄介、飛塚幸喜、佐々木朋子、神山かおる、2 バイトテクスチャー試験における測定速度条件の検討、日本食品科学工学会誌、査読有、59 巻、2012、96-103  
<https://www.jstage.jst.go.jp/FF01S0>

40Init/-char/ja/?sourceurl=%2Farticle%2Fnskkk%2F59%2F2%2F59\_2\_96%2F\_pdf

- ② 神山かおる、高齢社会における食品のニーズ～誌上座談会『超高齢社会における食を考える』、食品と容器、査読無、53 巻 1 号、2012、6-13
- ③ Shiozawa Kouichi、Kohyama Kaoru、Effects of addition of water on masticatory behavior and the mechanical properties of the food bolus、Journal of Oral Biosciences、査読有、53 巻、2011、148-157  
DOI:10.2330/joralbiosci.53.148
- ④ 神山かおる、超高齢社会における食品開発の課題～新しいフードシステムの構築～、食品と開発、査読無、46 巻 6 号、2011、4-6
- ⑤ Shiozawa Kouichi、Kohyama Kaoru、Hanada Nobuhiro、Influence of boiling time or partial cutting food on the masticatory behavior in humans、Journal of Japanese Society for Mastication Science and Health Promotion、査読有、21 巻、2011、40-48
- ⑥ 神山かおる、多点シートセンサシステムで解析した食品の咀嚼性と力学特性、食糧—その科学と技術—、査読無、49 巻、2011、85-108  
[http://www.naro.affrc.go.jp/publicity\\_report/publication/laboratory/nfri/outline/018156.html](http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/laboratory/nfri/outline/018156.html)
- ⑦ Tashiro Akiko、Hasegawa Atsuko、Kohyama Kaoru、Kumagai Hitomi、Kumagai Hitoshi、Relationship between the rheological properties of thickener solutions and their velocity through the pharynx as measured by the ultrasonic pulse Doppler method、Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry、査読有、74 巻、2010、1598-1605  
DOI: 10.1271/bbb.100192
- ⑧ 神山かおる、安全に食べるための食感のデザイン～食品物性～、YL、査読無、4 巻、2010、16-19
- ⑨ 神山かおる、固形状食品の物理科学的特性により変化する咀嚼挙動、おいしさの科学、査読無、13 巻、2010、11-15
- ⑩ Kohyama Kaoru、Hanyu Takashi、Hayakawa Fumiyo、Sasaki Tomoko、Electromyographic measurement of eating behaviors for buckwheat noodles、Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry、査読有、74 巻、2010、91-95

DOI: 10.1271/bbb.90539

- ⑪ Takahashi Toru, Kohyama Kaoru, Kumagai Masanori, Akiyama Yoshinobu, Hayakawa Fumiyo, Relations among mechanical properties, human bite parameters, and ease of chewing of solid foods with various textures, Journal of Food Engineering, 査読有、23 巻、2009、203-210  
DOI: 10.1016/j.foodeng.2009.05.023
- ⑫ 神山かおる、高齡化に対応した食品の咀嚼・テクスチャー研究、農林水産技術研究ジャーナル、査読無、32 巻 5 号、2009、39-43

〔学会発表〕(計 31 件)

- ① 神山かおる、中津沙弥香、渡邊弥生、柴田賢哉、坂本宏司、凍結含浸法により調製した食品の咀嚼筋筋電図、日本農芸化学会 2012 年度大会、2012 年 3 月 23 日、京都女子大学 (京都府)
- ② 中津沙弥香、神山かおる、渡邊弥生、柴田賢哉、坂本宏司、凍結含浸法による形状保持軟化素材の力学物性、日本農芸化学会 2012 年度大会、2012 年 3 月 23 日、京都女子大学 (京都府)
- ③ Dede Adawiyah, 佐々木朋子、神山かおる、Rheological and thermal properties of arenga and sago starches、日本農芸化学会 2012 年度大会、2012 年 3 月 23 日、京都女子大学 (京都府)
- ④ 神山かおる、超高齡社会でのフードシステム：食べやすい食品の提供に向けて、日本咀嚼学会第 22 回学術大会 (招待講演)、2011 年 10 月 30 日、ウイנק愛知 (愛知県)
- ⑤ 神山かおる、米飯の調理法が咀嚼挙動に及ぼす影響、日本咀嚼学会第 22 回学術大会、2011 年 10 月 29 日、ウイנק愛知 (愛知県)
- ⑥ 神山かおる、島田宏美、2 バイトテクスチャー試験における圧縮速度条件の影響、第 53 回レオロジー討論会、2011 年 10 月 7 日、桐生市市民文化会館 (群馬県)
- ⑦ 神山かおる、固体状食品の摂食過程におけるテクスチャー評価、第 60 回高分子討論会、2011 年 9 月 30 日、岡山大学 (岡山県)
- ⑧ 梯悦宏、木田隆生、早川文代、佐々木朋子、神山かおる、カードランを使用した餅様食品のテクスチャー評価、第 60 回高分子討論会、2011 年 9 月 30 日、岡山大学 (岡山県)
- ⑨ Konno Miki, Kawachi Kimie, Soejima Atsumi, Motsuchi Yukiko, Kawasaki, Yoshihiro, Kohyama Kaoru, Mastication characteristics of processed cheeses

evaluated by electromyography, The 7th NIZO Dairy Conference、2011 年 9 月 21 日、Papendal (オランダ)

- ⑩ 神山かおる、高智紅、田中敏江、島田宏美、谷脇満、早川文代、船見孝博、ヒト咀嚼筋の筋電図と筋音図の同時計測によるテクスチャーの異なる食品摂食過程の解析、日本食品科学工学会第 58 回年次大会、2011 年 9 月 11 日、東北大学 (宮城県)
- ⑪ 梯悦宏、木田隆生、早川文代、佐々木朋子、神山かおる、ヒトの咀嚼筋筋電位と機器測定によるカードランを含有した餅様食品の (粘り・歯切れに関する) テクスチャー評価、日本食品科学工学会第 58 回年次大会、2011 年 9 月 11 日、東北大学 (宮城県)
- ⑫ 秋間沙香、小倉聖美、谷米温子、飯田志穂美、神山かおる、熊谷日登美、熊谷仁、嚥下障害者用食品のテクスチャーと咽頭部における流速との関係、日本食品科学工学会第 58 回年次大会、2011 年 9 月 11 日、東北大学 (宮城県)
- ⑬ 神山かおる、田中敏江、佐々木朋子、早川文代、ヒト咀嚼計測による蕎麦の「噛む」または「すする」食べ方の解析、日本食品工学会第 12 回年次大会、2011 年 8 月 6 日、京都テルサ (京都府)
- ⑭ 秋間沙香、小倉聖美、谷米温子、飯田志穂美、神山かおる、熊谷日登美、熊谷仁、食品のレオロジー特性と咽頭部における流速との関係、日本食品工学会第 12 回年次大会、2011 年 8 月 5 日、京都テルサ (京都府)
- ⑮ Kohyama Kaoru、Hayakawa Fumiyo、Sasaki Tomoko、Relations between mastication variables, mechanical properties and sensory scores of cheese samples with various textures, The 16th Gums and Stabilisers for the Food Industry、2011 年 6 月 29 日、Conference Centre Hof van Wageningen (オランダ)
- ⑯ 金野美紀、副島純美、持地恭子、河内公恵、川崎功博、神山かおる、筋電図によるプロセスチーズの咀嚼特性の解析、日本農芸化学会 2011 年度大会、2011 年 3 月 26 日、京都女子大学 (京都府)
- ⑰ 河西直美、河内公恵、持地恭子、塩田誠、川崎功博、神山かおる、チーズにおける食感の官能評価項目と多点シートセンサによる咀嚼圧指標との関係、日本官能評価学会 2010 年度大会、2010 年 11 月 20 日、東京農業大学 (東京都)
- ⑱ 金野美紀、持地恭子、河西直美、河内公恵、塩田誠、川崎功博、神山かおる、チーズにおける食感の官能評価項目と咀嚼筋筋電図による咀嚼特性との関係、日

- 本官能評価学会 2010 年度大会、2010 年 11 月 20 日、東京農業大学（東京都）
- ⑱ 神山かおる、早川文代、河内公恵、持地恭子、塩田誠、チーズにおける力学特性とヒトの咀嚼特性との対応、第 58 回レオロジー討論会、2010 年 10 月 6 日、仙台国際センター（宮城県）
- ⑳ 神山かおる、早川文代、チーズテクスチャーにおける、官能特性、機器測定値と咀嚼筋筋電図パラメータとの関係、日本咀嚼学会第 21 回学術大会、2010 年 10 月 2 日、東京医科歯科大学（東京都）
- 21 神山かおる、早川文代、河内公恵、持地恭子、塩田誠、咀嚼筋筋電図を利用したチーズのテクスチャー測定、日本食品科学工学会第 57 回大会、2010 年 9 月 2 日、東京農業大学（東京都）
- 22 Kohyama Kaoru、Hayakawa Fumiyo、Sasaki Tomoko、Monitoring human eating behaviour with inexpensive sensors、International Conference on Food Oral Processing、2010 年 7 月 6 日、University of Leeds（英国）
- 23 神山かおる、羽生隆、早川文代、佐々木朋子、蕎麦のテクスチャーにおける調理後の時間変化、日本農芸化学会 2010 年度大会、2010 年 3 月 28 日、東京大学（東京都）
- 24 神山かおる、佐々木朋子、野内義之、船見孝博、西成勝好、2 バイトテクスチャー試験における試験速度条件の検討、第 57 回レオロジー討論会、2009 年 10 月 7 日、宇部全日空ホテル（山口県）
- 25 石原清香、中馬誠、船見孝博、西成勝好、神山かおる、やわらかいゲル摂食時の表面筋電位測定とゲルの力学特性との関連について、第 57 回レオロジー討論会、2009 年 10 月 7 日、宇部全日空ホテル（山口県）
- 26 神山かおる、蕎麦を噛む時とする時の咀嚼筋活動量の違い、日本咀嚼学会第 20 回記念学術大会、2009 年 10 月 3 日、福岡県歯科医師会館（福岡県）
- 27 塩澤光一、神山かおる、飯田良平、済野広明、水木雄亮、森戸光彦、咀嚼時の口腔内水分量と食塊嚥下との関係、日本咀嚼学会第 20 回記念学術大会、2009 年 10 月 2 日、福岡県歯科医師会館（福岡県）
- 28 野内義之、佐々木朋子、神山かおる、テクスチャー試験における測定速度の影響、日本食品科学工学会第 56 回大会、2009 年 9 月 12 日、名城大学（愛知県）
- 29 田代晃子、小倉聖美、長谷川温子、神山かおる、飯田志穂美、熊谷日登美、熊谷仁、増粘剤溶液の咽頭部における流速と物性との関係、日本食品科学工学会第 56 回大会、2009 年 9 月 12 日、名城大学（愛

知県）

- 30 神山かおる、佐々木朋子、ヒトの咀嚼挙動を変化させる固形状食品の力学的特性、日本食品工学会第 10 回年次大会、2009 年 8 月 2 日、石川県立大学（石川県）
- 31 Kohyama Kaoru、Sasaki Tomoko、Hayakawa Fumiyo、Food mechanical properties measured at very large deformation modulate human mastication behaviour、The 8th Pangborn Sensory Science Symposium、2009 年 7 月 28 日、Stazione Leopolda Florence（イタリア）

〔図書〕（計 2 件）

- ① Kohyama Kaoru、Hayakawa Fumiyo、Sasaki Tomoko、Relations between mastication variables, mechanical properties and sensory scores of cheese samples with various textures、『Gums and Stabilisers for the Food Industry 16』、2012、331-338
- ② 神山かおる、勁草書房、歯応え、舌触りの生理と知覚、『味わいの認知科学—舌の先から脳の向こうまで』、2011、97-116

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

神山 かおる (KOHYAMA KAORU)  
 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構・食品総合研究所食品機能研究領域・上席研究員  
 研究者番号：00353938

### (2) 研究分担者

佐々木 朋子 (SASAKI TOMOKO)  
 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構・食品総合研究所食品機能研究領域・主任研究員  
 研究者番号：10353939

早川 文代 (HAYAKAWA FUMIYO)  
 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構・食品総合研究所食品機能研究領域・主任研究員  
 研究者番号：00282905

熊谷 仁 (KUMAGAI HITOSHI)  
 共立女子大学・家政学部・教授  
 研究者番号：20215051

谷米 温子 (TANIGOME ATSUKO)  
 日本大学・生物資源化学部・助手  
 研究者番号：30586326

### (3) 連携研究者

なし